

압출성형공정과 건조조건이 옥수수전분의 저항전분 수율에 미치는 영향

신 말 식[†] · 문 세 훈 · 배 천 호¹⁾

전남대학교 식품영양학과 및 생활과학연구소 · (주) 삼양 제넥스¹⁾

Effects of Processing Parameters of Twin Screw Extruder and Dry Methods on the Resistant Starch Formation from Normal Maize Starch

Mal-Shick Shin[†], Sae-Hun Mun, Chun-Ho Bae¹⁾

Department of Food and Nutrition and HERI, Chonnam National University,
Samyang Genex Co.¹⁾

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of processing parameters of co-rotating twin screw extruder and dry methods on the level of resistant starch(RS) and the properties of extrudate prepared from normal maize starch. The processing parameters were used 90, 110, 130 °C in temperature, 25.0~30.0% in moisture content, 150, 200, 250 rpm in screw speed and hot and cool air drying and drying after refrigerating in drying methods. The barrel temperature and drying methods had affected the level of resistant starch of extrudate. RS levels of extrudates were ranged from 2.4 to 15.5% by AOAC method. The extrudates, extruded at 110°C and then stored at 4°C, showed the highest level of RS level (15.5%). Water absorption index increased with increasing moisture content and peak temperatures and viscosities of extrudates decreased compare to that of raw starch from 94°C to 50~65°C and from 220 to 46~98 RVU, respectively. Extrudates treated in 90°C and 110°C showed strong peak at $2\theta=6.7\sim 17.0^\circ$ by X-ray diffractometry and had ~150°C endotherm like as that of RS3 starch by differential scanning calorimetry. In case of 130°C, extrudates showed strong peak at $2\theta=20.0^\circ$ and had 106°C endotherm

Key Words: resistant starch, twin screw extruder, processing parameter, normal maize starch, properties of extrudates

[†] Corresponding author: Department of Food and Nutrition, Chonnam National University,
300 Yongbong-dong, Buk-gu, Gwangju, 500-757, Korea
Tel : 062-530-1336, Fax : 062-530-1339
E-mail : msshin@chonnam.ac.kr

I. 서 론

1992년 EURESTA(European Flair Concerted Action on Resistant Starch)에서는 저항전분(Resistant starch, RS)을 사람의 소장에서 소화, 흡수되지 않는 전분과 전분분해산물로 정의하였다(Asp 1992). RS는 인체조직에 포도당을 제공하지 않고, 대장에서 발효되어 가스나 단쇄 지방산을 생산하는 전분을 의미하며 이런 점에서식이섬유소와 유사한 생리활성을 갖는다고 할 수 있다. 현재까지 RS는 4가지 형태로 나뉘는데(Englyst 등 1992), 그 중 RS3는 전분의 노화에 의해 형성되는 것으로, 지금까지의 RS3 생성은 멸균기(autoclave)를 사용하여 전분을 완전히 호화시킨 후, 냉각하여 전분을 노화시키는 과정을 반복하는 제조방법이 주를 이루었다(3-6). 그러나 이러한 방법은 대량으로 RS를 생산하는데 많은 에너지가 사용되어야 하므로 비경제적이고, 현재의 전분 생산공정을 완전히 변화시켜야 하므로 기준설비비가 많이 들 것으로 생각된다. 이에 본 연구에서는 호화전분을 만드는데 사용되는 압출성형공정을 이용하여 RS를 형성시키는 것에 대해 연구하였다. 압출성형 공정 중의 공정변수와 시스템 변수가 압출성형물의 노화정도에 영향을 주는 것은 물론이고, 사출구를 통해 나오는 압출성형물의 건조방법에 따라서도 그 정도는 달라질 수 있다(정문영, 이승주 1997; Cai 등 1995; Unlu & Faller 1998; Björck & Asp 1983). 여러 가지 유용한 생리활성을 갖는 RS를 포함하면서, 경제적으로 제조할 수 있는 식품으로는 압출성형하여 생산되는 스낵이나 breakfast cereal이 적합할 것이라고 생각된다.

그러므로 본 연구에서는 압출성형기를 이용하여 RS가 포함된 식품을 제조하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 압출성형 공정중 공정변수와 압출성형물의 건조조건이 압출성형물 중의 RS 함량에 미치는 영향을 조사하였다. 옥수수 전분을 수분함량, 온도 및 스크류 속도를 달리해서 쌍축형(twin) 압출성형기로 실험하고, 사출구를 통해 나오는 압출성형물을 열풍건조, 냉풍건조 또는 냉장하여 RS의 생성 정도와 특성을 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

전분 시료는 아밀로오스 함량이 28%인 보통 옥수수전분(삼양제넥스, 한국)을 사용하였다. RS 분석시 AOAC법에 사용되는 total dietary fiber assay kit는 Sigma Chemical Co.(St Louis, Mo, U.S.A)에서 구입하여 사용하였다. Kit의 효소는 thermostable α -amylase(Cat No. A-3306), *Aspergillus niger*로부터 분리한 amyloglucosidase(Cat No. A-9913), protease(Cat No. P-3910)였다.

2. 방 법

1) 압출성형공정에 의한 RS의 제조

동방향 쌍축 압출성형기(THK-31T, 백상기계, 한국)를 사용하였으며 스크류 직경은 31 mm, 사출구 직경은 4 mm, L/D비는 25였다. 물은 바렐로 주입시켜 25.0~30.0%로 조절하였고, 바렐온도 조건은 90, 110 또는 130℃였으며 스크류 속도는 150, 200 또는 250 rpm이었다. 압출성형공정후 압출성형물을 건조시키는 방법은 60℃에서 건조시키는 열풍건조, 선풍기를 이용한 냉풍건조 또는 냉장고에서 3일 저장한 냉장건조법을 사용하였다.

2) RS 분석

RS 분석은 AOAC법(AOAC, 1995)의 식이섬유소 측정법에 준하여 측정하였다. 1.0 g의 시료에 40 mL의 MES-Tris 완충용액(pH 8.2)을 넣어 잘 분산시키고 heat stable α -amylase(Cat No. A-3306, Sigma) 0.1 mL를 넣어 끓는 수조(100℃)에서 저어주면서(850 rpm) 15분간 반응시킨 후 바로 실온으로 냉각시켰다. 여기에 protease(Cat No. P-3910) 0.1 mL(50 mg/mL MES-Tris buffer)를 넣고 60℃ 항온 진탕기에서 30분간 반응시키고 여기에 0.567 N HCl 5 mL를 넣어 pH 4.6이 되도록 조정한다. 다음 amyloglucosidase(Cat No. A-9913, Sigma) 0.1 mL를 가하고 계속 60℃에서 30분간 반응시켰다. 반응을 멈추기 위해 총 알코올 농

도 80%가 되도록 95% 에탄올을 첨가하고 1시간이상 방치한 다음, 무게를 알고 있는 acid washed celite를 0.5 g 정도 넣은 glass filter(2G3, IWAKI)로 여과하였다. 95%와 78% 에탄올과 아세트론으로 씻고 불용성 잔사를 $100 \pm 5^\circ\text{C}$ 오븐에서 향량이 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하여 계산하였다. 회분과 단백질에 대한 보정은 두 성분함량이 낮은 정제전분을 시료로 사용하였기 때문에 따로 실험하지 않았다.

$$\text{효소저항전분의 생성율(\%)} = \frac{\text{불용성 잔사의 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

3) RS가 형성된 압출성형물의 특성 측정

(1) 가열에 따른 점도

Rapid Visco Analyzer(Newport Scientific Instrument & Engineer, Australia)를 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 압출성형물 3 g (수분함량 14% 기준)을 증류수 25 mL에 분산시키고 0~4분간은 50°C 유지, 4~12분간은 95°C 까지 가열, 12~14분은 95°C 에서 유지, 14~22분은 50°C 까지 냉각, 22~26분은 50°C 를 유지하면서 페이스트의 점도를 측정하였다.

(2) 압출성형물의 수분흡착도

수분흡착지수(Water absorption index, WAI)는 Anderson 등(1969)의 방법을 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 압출성형물 2 g을 50 mL 원심분리관에 옮겨서 증류수 30 mL에 분산시키고, 100°C 에서 30분간 교반하였다. 교반 후 8000 rpm에서 15분간 원심분리하여 시료의 g당 원심분리후 침전된 전분의 무게로 WAI를 계산하였다.

(3) X-선 회절기에 의한 특성

X-ray diffractometer(D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 이용하여 회절각도(2θ) $40 \sim 5^\circ$ 까지 회절시켜 얻었으며, 회절각도에 따른 피크의 위치와 강도로써 결정성 정도를 비교하였다. 이때 이용한 기

기조건은 다음과 같았다. Target: Cu-K α , Filter: Ni, Voltage: 40 kV, Current: 20 mA, Scanning speed: $8^\circ/\text{min}$

(4) 시차주사열량기에 의한 특성

시료들의 열적 특성은 Differential Scanning Calorimeter, DSC(DSC-SP, Rheometric Scientific Co., U.S.A)를 사용하여 분석하였다. 압출성형물과 수분의 비율이 1:2가 되게 DSC pan에 담고 밀봉한 다음, 상온에서 4시간 방치한 후 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 가열속도로 20°C 에서 200°C 까지 가열하고 DSC thermogram을 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 공정변수와 건조조건이 RS 수율에 미치는 영향

압출성형기의 공정변수와 건조조건에 따른 압출성형물의 RS 함량은 <표 1>에 나타내었다. 각각 다른 압출성형조건에서 압출성형하고 60°C 에서 열풍건조한 압출물의 RS 함량은 2.4~12.8% 범위였으며, 바렐온도가 높을수록 압출성형물의 RS 함량이 높게 나타났다. 최종 압출성형물의 수분함량 30% 조건을 기준으로 건조조건에 따른 RS의 생성 차이를 비교해보면, 냉풍건조의 경우는 바렐온도 90°C 에서 압출성형했을 때, 냉장저장의 경우는 110°C 에서 각각 $9.8 \pm 0.05\%$, $14.2 \pm 0.02\%$ 로 다른 건조조건보다 높은 RS 수율을 보였으나, 130°C 인 경우에는 건조조건에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며, 열풍건조시에 RS 수율이 높았다. 열풍건조를 제외하고 110°C 에서 압출성형된 압출물의 RS 함량이 높게 나타났다. 일정한 스크류 속도와 수분함량 25.0~30.0% 범위내에서 바렐온도와 건조조건 사이에 RS 함량에 관해서 어떤 경향을 보였는데, 90°C 나 110°C 에서는 냉풍과 냉장조건이 높은 RS 수율을 보였으며 130°C 에서는 열풍조건이 높은 값을 나타내었다.

Table 1. RS levels of extrudates made from normal maize starch treated with different extrusion conditions and dry methods

Barrel temp. (°C)	Moisture content (%)	Screw speed (rpm)	RS level(%)		
			Hot-air ¹⁾	After refrigeration ²⁾	Cool-air ³⁾
90	25.0	200	3.2±0.03	7.2±0.08	10.1±0.03
	30.0	150	2.4±0.03	5.3±0.02	9.8±0.05
110	27.2	250	8.1±0.00	15.5±0.03	13.5±0.01
	30.0	150	8.8±0.08	14.2±0.02	13.6±0.10
130	27.5	250	12.8±0.03	10.9±0.05	7.9±0.03
	30.0	150	9.5±0.03	8.9±0.06	7.9±0.04

- 1) Dried at 60°C
- 2) Dried after refrigeration at 4°C for 3 days
- 3) Dried using an electric fan

일반적으로 전분은 압출성형 공정중 호화되고, 사출구를 통해 배출되는 압출성형물을 건조하여 수분함량을 낮추면 무정형 구조를 갖게 되므로 이를 분쇄하여 호화전분으로 사용할 수 있다(정문영, 이승주 1997a: 정문영, 이승주 1997b). 전분은 부분적 결정형 고분자로 압출성형과정에서 압력과 가열에 의해 결정의 용융 및 분열, 절단이 일어난 후, 잘라진 포도당 사슬이 재결합 되는데, 이는 용융점(Tm, melting temperature)과 유리전이온도(Tg, glass transition temperature) 사이에서 일어난다. Levine과 Slade(1987)에 의하면 Tg와 Tm 사이의 온도 범위에서 전분의 재결정화가 일어나며 Tg에서 결정핵의 생성(nucleation)이 최대이고 Tm에서 결정핵의 성장이 최대가 되므로 이 두 온도 사이인 $T \approx 1/2(Tg+Tm)$ 의 온도에서 재결정화가 가장 잘 일어난다고 하였다.

압출성형기를 이용한 조리가 일반적인 방법과 다른 것은 스크류의 회전으로 인해 나타나는 강한 전단력이 작용한다는 것이며 이로 인해 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분해와 고분자 사슬이 잘라지는 현상이 일어난다는 것이다. 이런 변화는 바렐 온도와 관련이 있어 100°C 이하에서는 전분의 호화나 용융이 주로 일어나며 높은 온도에서는 분열(절단)이 잘 일어난다(Iheng & Wang 1994). 90°C나 110°C에서 처

리된 압출성형물과는 다르게 130°C 조건에서 열풍건조 조건이 RS 수율을 높힐 수 있었던 것은, 130°C의 높은 온도로 전분이 처리되는 동안 90°C나 110°C와는 다른 분자구조로 변형되고 이에 따라 Tm과 Tg의 범위도 달라져, 90°C나 110°C에서 처리된 전분보다는 높은 온도(열풍건조조건)에서 잘라진 사슬끼리와 전분분자와의 재결합이 촉진되었으리라 생각된다.

Kaletune과 Breslaver(1993)는 압출성형에 의해 일어나는 옥수수 가루의 분획화와 Tg 사이의 관계를 조사하였는데 기계적 에너지 투입량이 증가할수록 압출성형물의 붕괴정도가 커지고 이에 따라 Tg는 감소하며 Tg가 압출성형물의 crispiness 및 denseness와 상관이 있다고 보고하였다. 김지용과 이철호(1998)는 고아밀로오스 옥수수전분으로 압출성형물을 만들고 pancreatin으로 가수분해했을 때 같은 온도에서 수분함량이 증가하면 RS 함량이 증가하였으며 바렐온도는 RS 함량과 음의 상관관계를 보여 100, 120, 140°C 중 100°C일 때 가장 높은 RS 함량을 보였다고 하였다. 류기형과 이철호(1998)도 원료 수분함량과 처리온도에 따른 압출성형물의 분말과 원료 쌀가루의 수용성 지수를 나타낸 결과에서 처리온도가 높고 수분함량이 낮을수록 압출성형물의 수용성 지수는 증가하였고, 이것은 일부 전분이 분해되어 수용성 텍스틴 및 수용성 전분이 생성되었기 때문이라고 하였다.

본 실험결과를 통해 바렐온도, 스크류 속도, 수분함량과 같은 공정변수를 조정함에 따라 다양한 RS 함량을 갖는 압출성형물을 얻을 수 있음을 알 수 있었고, 압출성형 공정후의 건조방법 또한 RS 함량에 영향을 줄 수 있는데, 이 때는 공정 중에 이루어지는 전분의 용융과 분획화 정도에 의해 RS 함량에 영향을 주는 건조방법이 결정될 수 있으리라 생각된다.

수분함량 30%인 압출성형물을 기준으로 90℃와

110℃에서 압출성형된 압출성형물의 WAI가 8.2~9.7인 것에 비해 130℃에서의 압출성형물은 7.7~8.4로 더 낮았고, 앞에서의 결과처럼 같은 수분함량 30%에서 더 높은 바렐온도인 130℃에서 전분의 분해가 촉진되었음을 시사해 주었다(표 2). 바렐온도가 증가하면 열과 전단에 의해 전분이 중합도가 낮은 분자사슬로 분해되므로 용해도가 증가하고 수분흡수지수는 감소되는 것으로 생각된다.

Table 2. Water absorption index (WAI) of extrudates treated with different extrusion conditions and dry methods

Barrel temp. (°C)	Moisture content (%)	Screw speed (rpm)	Hot-air ¹⁾	After Refrigerating ²⁾	Cool-air ³⁾
90	25.0	200	8.32±1.15	10.00±0.13	9.27±0.47
	30.0	150	8.95±0.78	8.18±0.66	9.12±0.89
110	27.2	250	5.84±0.74	5.43±0.18	5.15±0.28
	30.0	150	8.67±0.25	8.78±0.16	9.71±0.71
130	27.5	250	6.46±0.33	6.32±0.25	5.89±0.06
	30.0	150	7.67±0.45	8.00±2.21	8.36±1.29

- 1) Dried at 60℃
- 2) Dried after refrigeration at 4℃ for 3 days
- 3) Dried using an electric fan

2. 압출성형물의 특성

1) 신속점도측정기에 의한 특성

30%로 수분함량을 조절한 압출성형물의 신속점도 측정기에 의한 점도 변화는 바렐온도와 건조방법에 따라 달랐으며 결과는 <표 3>과 같았다. 거의 모든 시료의 피크온도가 50℃ 부근으로 생전분의 94℃보다 낮은 온도에서 피크를 나타내었고, 최고점도는 220 R.V.U에서 감소하여 46~98 R.V.U 범위였다. 피크온도는 90℃에서 처리하고 냉장저장한 시료와 130℃에서 처리하고 열풍건조한 시료에서 높았으며, 최고점도는 110℃에서 처리한 시료가 다른 온도조건보다 높았고 90℃로 냉풍건조한 경우도 높았다. 130℃에서 처리한 시료의 점도가 가장 낮은 것은 130℃에서 전분이 압출성형되는 과정에서 일부 분해가 일

어났기 때문이라고 생각된다. Cai 등(1995)은 압출성형시 공정변수가 압출성형물의 분해에 미치는 영향을 설명할 때, 낮은 수분함량으로 처리한 압출성형물이 높은 점도를 나타내게 되고 이러한 높은 점도로 인하여 높은 전단력을 받게 되므로 더 극심한 분해가 일어난다고 하였다. 스크류 속도가 증가함에 따라 역시 높은 전단력으로 인하여 압출성형물의 분해가 증가되는 반면 온도에 있어서는 두가지 효과가 작용하게 되는데 온도는 전분을 호화시키기 때문에 더 많은 분해를 초래할 수 있으나 압출성형물의 점도는 감소시킴으로써 기계적인 분해는 감소시킨다고 하였다. 수분 25%에 대해 온도 100~120℃의 범위에서는 온도가 증가함에 따라 분해정도가 증가하였으나 140~160℃ 범위에서는 온도가 증가함에 따라 분해정도는 감소하였다고 하였고, 수분 30%에 대해서는 모든 온도조건에서 온도가 증가함에 따라 분해정도가 증가하였다고

보고하였다(Cai 등 1995).

바렐온도 110℃에서 압출성형된 압출성형물의 점도는 건조방법과는 관계없이 높은 경향이었고 이러한 결과는 RS 함량이 전반적으로 110℃에서 처리된 압출성형물에서 높았던 것과 연관이 있는 것으로 생각된다. 수분을 25~30%로 조절하여 압력과 가열, 전단력을 함께 사용한 압출성형에서는 바렐온도에 따라 전단력에 의한 절단정도가 다르므로 절단된 분자의 사슬길이가 재결정하여 점도에 영향을 주게된다. 최고 점도가 높기 위해서는 가열에 의해 전분이 충분히 팽윤될 수 있는 적정 분자크기를 갖고 있어야 하므로

110℃에서의 압출성형물이 130℃에서처럼 전분이 분해되는 조건보다는 냉각시 RS로의 형성률이 높을 것으로 생각된다. Mercier 등(1980)이 압출성형된 전분은 이미 호화된 상태이므로 생전분과 같은 점도의 증가는 보이지 않고 호화가 개시되기 이전 점도가 생전분보다 더 높게 나타나는 특징을 갖는다고 하였는데, 본 실험결과도 이미 전분이 호화되고 일부 재결정화되므로 호화된 전분에 의해 초기 점도가 생전분 현탁액보다 높았으며 생전분과 같은 높은 피크점도를 보이지 않고 낮은 피크점도를 보였으며 점도의 변화가 크지 않았다.

Table 3. RVA pasting characteristics of raw starch and extrudates prepared from maize starch with different process conditions

Sample	Peak temperature (°C)	Viscosity(R.V.U)			
		Peak	Hold	Final	
Non treated maize starch	94.0	220.0	162.0	230.0	
Extruded starch with different dry condition					
90℃	Hot-air ¹⁾	50.1	73.3	31.4	55.9
	After refrigerating ²⁾	64.6	51.3	34.8	59.9
	Cool-air ³⁾	50.6	97.8	36.2	66.9
110℃	Hot-air	49.9	98.4	34.8	63.3
	After refrigerating	49.9	80.2	56.0	92.1
	Cool-air	50.1	84.9	25.9	52.3
130℃	Hot-air	60.5	45.9	27.5	51.1
	After refrigerating	50.1	53.5	24.1	47.1
	Cool-air	52.1	53.1	26.3	49.9

Moisture contents of extrudates were 30% and screw speed was 150rpm

1) Dried at 60℃

2) Dried after refrigeration at 4℃ for 3 days

3) Dried using an electric fan

2) X-선 회절기에 의한 특성

압출성형물의 X-선 회절기에 의한 특성은 <그림 1>에 나타내었다. 모든 시료들이 2θ = 14°, 17°, 20°, 22°에서 피크를 나타내었고, B-type 결정형을 나타

내는 2θ = 16.7°~17°와 V-complex를 나타내는 20°에서의 피크가 가장 뚜렷하게 나타났다. 30% 수분함량일 때 가열온도가 90℃이면 완전히 호화되지 않아 A형의 결정피크가 일부 그대로 남아있었으며 110℃

의 경우에는 $2\theta = 17^\circ$ 의 피크가 강하였다. 130°C 의 경우에는 거의 대부분의 A형 피크는 사라지고 $2\theta = 13\sim 14^\circ$ 와 $2\theta = 20^\circ$ 의 피크가 강하게 나타났다. 압출성형 공정을 거친 후 각각 다른 조건에서 건조된 전분시료들은 노화된 전분의 특징적인 B-type과 호화 상태로 남아있는 V-complex로 이루어졌음을 알 수 있었다. $2\theta = 17^\circ$ 에서의 피크는 110°C 에서 압출성형된 시료의 강도가 모든 건조조건에서 컸고, 130°C 에서 압출성형된 시료의 경우는 17° 의 피크는 거의 보이지 않고, 20° 피크가 두드러지게 나타나 130°C 에서 처리된 시료의 RS는 거의 V-complex로 이루어졌을 것으로 생각되었다. 그러므로 110°C 에서 압

출성형된 시료중의 RS 부분은 전분분자들의 재결정화와 아밀로오스-지질 복합체에 의한 것이며, 130°C 에서 처리된 시료는 노화전분보다는 아밀로오스-지질 복합체가 주로 기여한다고 생각되었다.

Björck와 Asp(1983)는 22% 수분함량에서는 아밀로오스-지질 복합체가 135°C 에서 압출성형한 시료에서 나타났고, 33% 수분함량에서는 70°C 에서 나타난다고 하였으며, 아밀로오스 함량이 증가할수록(찰옥수수 전분 < 옥수수 전분 < amylo 5 < amylo 7) 압출성형 후 효소에 대한 가수분해율이 감소하였다고 하였는데 압출성형기를 이용하여 RS를 제조하더라도 시료전분의 아밀로오스 함량이 중요한 영향을 준다고 하였다.

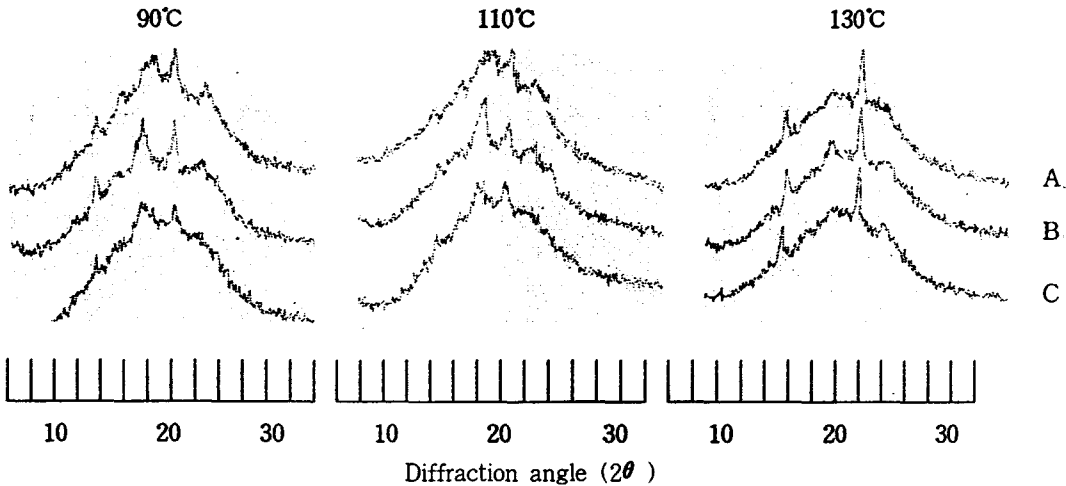


Fig. 1. X-ray diffractograms of starches extruded at 90, 110 and 130°C

A : Drying with hot-air, B: Drying after refrigerating, C : Drying with cold-air

3) 시차주사열량기에 의한 특성

X-선 회절기에 의한 특성으로 볼 때, 90°C 와 110°C 에서 압출성형된 시료들로부터 형성된 RS는 노화된 분자들과 아밀로오스-지질 복합체에 의한 것으로 추측되며, 130°C 에서 처리된 시료로부터의 RS는 전분의 열분해로 인하여 노화는 촉진되지 않았고 아밀로오스-지질 복합체가 주원인인 것으로 생각된다. 그러므로 이를 확인하기 위하여 각 온도에서 처리된 압출성형물로부터 RS를 분리하여 DSC로 특성을 조사하였다. 그 결과는 <그림 2>에 나타내었다.

90°C 에서 형성된 압출성형물로부터 분리된 RS는 72°C 와 160°C 부근에서 용융피크를 나타냈고, 110°C 는 118°C 와 155°C , 130°C 는 106°C 에서 용융피크를 나타내었다. 90°C 와 110°C 에서 형성된 압출성형물로부터 분리된 RS는 RS3의 용융피크로 알려진 150°C 부근에서 용융피크를 나타내어 이들 압출성형물에서 분석된 RS는 RS3임을 확인할 수 있었으나(Sievert & Pomeranz 1989; Berry 등 1988), 130°C 에서 압출성형된 시료로부터 분리한 RS는 아밀로오스-지질 복합체만을 포함하고 있는 것으로 생각되며 앞서 설명한 대로 130°C 에서 고열과 전단에 의해 극심한

열분해가 일어났기 때문으로 생각된다.

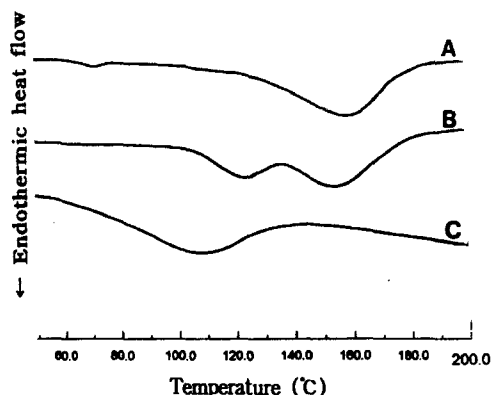


Fig. 2. DSC thermograms of extrudates

- A : Extrudates processed at 90°C
- B : Extrudates processed at 110°C
- C : Extrudates processed at 130°C

IV. 요약

압출성형 조건이 압출성형물의 저항전분 수율과 성질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 쌍축형 압출성형기를 사용하여 옥수수 전분을 압출성형하였다. 바렐 온도 (90, 110, 130°C) 3가지 조건과 수분함량 25.0~30.0% 범위에서 압출성형 하였으며, 압출성형물의 건조는 열풍, 냉풍, 냉장 3가지 조건에서 실시하였다. 저항전분의 분석은 AOAC 법에 의한 식이섬유소 측정법을 사용하였고, 저항전분을 갖는 압출성형물의 특성은 수분흡착지수, 신속점도측정기, X-선 회절기, 시차주사열량기에 의해 조사하였다. 바렐온도와 압출성형물의 건조조건이 저항전분의 수율에 영향을 주었고, 각각의 조건에서 생성된 압출성형물의 저항전분 수율은 2.4~15.5% 였다. 90°C나 110°C에서는 냉풍과 냉장조건이 높은 RS 수율을 보였으며, 130°C에서는 열풍조건이 높은 값을 나타내었다. 실험된 조건 중 바렐온도 110°C에서 압출성형하고 냉장저장한 압출성형물의 RS 함량이 15.5%로 가장 높게 나타났다. 신속점도측정기에 의한 압출성형물의 피크온도는 50~65°C로 생전분의 94°C에 비해 모두 낮았고, 점도 역시 46~98 R.V.U로 생전분의 220 R.V.U 보다 낮

았다. X-선 회절기에 의한 특성은 90°C와 110°C에서 처리된 압출성형물은 $2\theta = 16.7 \sim 17.0^\circ$ 에서 강한 피크를 나타낸 반면 130°C의 경우는, $2\theta = 20.0^\circ$ 에서 강한 피크를 나타내었다. 시차주사열량기에 의한 특성은 90°C와 110°C에서 처리된 압출성형물은 RS3 전분의 특성인 150°C 부근의 용융피크를 나타내었고, 130°C의 경우는 106°C에서 용융피크를 나타내었다.

V. 참고 문헌

김지용, 이철호 (1998). 고아밀로즈 옥수수전분의 압출성형에 의한 난소화성화. *한국식품과학회지* 30(5) : 1128-1133

류기형, 이철호 (1988). 쌀가루의 수분함량과 입자크기에 따른 extrudate의 물성학적 성질. *한국식품과학회지* 20(4) : 463-469

정문영, 이승주 (1997a). 압출성형 에너지가 녹말의 호화에 미치는 영향. *한국식품과학회지* 29(1) : 72-76

정문영, 이승주 (1997b). 압출성형공정의 열 및 기계 에너지 분석. *한국식품과학회지* 29(1) : 65-71

American Association of Official Analytical. (1995). AOAC official method 991.43, The Association, St. Paul, MN

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F., Griffin, E.L.(1969). Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Cereal Sci. Today* 14 : 4-12

Asp, N.-G.(1992). Resistant starch. Proceedings of the 2nd plenary meeting of EURESTA : European Flair Concerted Action No. 11 (COST911). Physiological implications of the consumption of resistant starch in man. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46(Su 2) : 148

Berry, C.S.(1986). Resistant starch : Formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the

- determination of dietary fibre. *J. Cereal Sci.* 4 : 301-314
- Berry, C.S. I'Anson, K.J., Miles, M.J., Morris, V.J., Russell, P.L.(1988). Physico-chemical characterization of resistant starch from wheat. *J. Cereal Sci.* 8 : 203-206
- Björck, I., Asp, N.-G.(1983). The effect of extrusion cooking on nutritional value- A literature review. *J. Food Eng.* 2 : 281-308
- Cai, W., Diosady, L.L., Rubin, L.J.(1995). Degradation of wheat starch in a twin-screw extruder. *J. Food Eng.* 26 : 289-300
- Eerlingen, R.C., Delcour, J.A.(1995). Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. *J. Cereal Sci.* 22 : 129-137
- Englyst, H.N., Kingman, S.M., Cummings, J.H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important resistant starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46 (Su 2) : S33-S50
- Iheng, X., Wang, S.(1994). Shear induced starch conversion during extrusion. *J. Food Sci.* 59 : 1137-1143
- Kaletune, G., Breslauer, K.(1993). Glass transition of extrudates: Relationship with processing-induced fragmentation and end-product attributes. *Cereal Chem.* 70 : 548-522
- Leloup, V.M., Colonna, P., Ring, S.(1992). Physico-chemical aspects of resistant starch. *J. Cereal Sci.* 16 : 253-266
- Levine, H., Slade, L.(1987). Water as a plasticizer : Physicochemical aspects of low-moisture polymeric systems. In *Water Science Reviews* Vol. 3 ed Franks, F. pp.79-185 Cambridge University Press
- Mercier, C., Charbonniere, R., Grebaut, J., De La Gueriviere, J.F.(1980). Formation of amylose-lipid complexes by twin-screw extrusion cooking of manioc starch. *Cereal Chem.* 57 : 4-9
- Sievert, D., Pomeranz, Y.(1989). Enzyme-resistant starch I. Characterization and evaluation by enzymatic, thermoanalytical, and microscopic methods. *Cereal Chem.* 68 : 342-347
- Sievert, D., Pomeranz, Y.(1990). Enzyme-resistant starch. II. Differential scanning calorimetry studies on heat-treated starches and enzyme-resistant starch. *Cereal Chem.* 67 : 217-221
- Unlu, E., Faller, J.F.(1998). Formation of resistant starch by a twin-screw extruder. *Cereal Chem.* 75 : 346-350